

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOHN HERIK LEAL PAIVA

MATEUS KUZMA PADILHA PINTO

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA GESTÃO DE
PROCESSOS DE LIBERAÇÃO E ENCERRAMENTO EM PROCESSOS DE
USINAGEM

CURITIBA

2019

JOHN HERIK LEAL PAIVA
MATEUS KUZMA PADILHA PINTO

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA GESTÃO DE
PROCESSOS DE LIBERAÇÃO E ENCERRAMENTO EM PROCESSOS DE
USINAGEM

Monografia apresentada como requisito à
Obtenção do título de Especialista, Curso de
Especialização em Engenharia Industrial 4.0,
Setor de Engenharia Mecânica,
Universidade Federal do Paraná

CURITIBA

2019

RESUMO

O presente trabalho refere-se ao desenvolvimento de software para gestão de processos de liberação e encerramento em processos de usinagem baseado no conhecimento das disciplinas do curso de especialização em Engenharia Industrial 4.0, da Universidade Federal do Paraná (UFPR). O projeto foi realizado em uma empresa multinacional do ramo automotivo, na qual foi detectado o potencial de melhoria nas células de usinagem, visto a forma manual de registro e acompanhamento de dados de processo.

O protótipo desenvolvido possibilita uma rápida liberação digital do processo, sem deixar de assegurar os requisitos de qualidade vigentes no segmento automotivo. Além disso, focou-se na integração com as demais iniciativas I4.0 da empresa, de forma a contribuir com estratégia macro da gestão, de definir o conceito de célula de trabalho conectado.

O trabalho foi validado com áreas multifuncionais, incluindo a gestão responsável pela estratégia de conectividade da empresa, visto os inúmeros ganhos alcançados como, qualidade, redução de custos, rastreabilidade, e a melhoria da gestão de competências. Com isso espera-se uma evolução no processo produtivo, de forma a aumentar a competitividade e contribuir para a criação da cultura I4.0 nas pessoas em todos níveis da empresa.

1 Introdução

1.1 Contexto

A problemática em questão situa-se no cenário das indústrias automotivas, as quais são submetidas a rigorosas normas de qualidade em seus processos produtivos, como por exemplo, linhas de usinagem, montagem, conformação e etc. A necessidade de atendimento a essas regras tradicionalmente impacta os custos e os resultados de produtividade. Um dos requisitos demandados é a obrigatoriedade de se registrar e arquivar os dados para liberação e encerramento de processos, com o objetivo de garantir que a peça a ser produzida e seu respectivo lote estejam conforme especificações de desenho e cliente.

Para este trabalho, escolheu-se como objeto de estudo, uma empresa multinacional alemã, especialista em processos de usinagem de precisão.

1.2 Situação Problemática

Pode-se notar que na indústria em questão os processos de registro das liberações e encerramento é ainda realizado de forma manual em documentos físicos, o que ocasiona perda de tempo e custos com toda a logística necessária, desde impressão, arquivamento na empresa e posterior envio para arquivo morto.

Além disso, após discussão com a gestão responsável por projetos de conectividade, levantou-se que o processo de registro de liberações e encerramentos de lotes não estava planejado na estratégia da empresa, apesar da atividade em questão ser o centro da responsabilidade do operador em uma célula de usinagem, pois a mesma garante a rastreabilidade, qualidade e estabilização dos processos produtivos.

Desta forma, observou-se que esta situação impacta não apenas em perda de performance e qualidade, mas também em perdas de investimentos com prováveis revisões futuras na estratégia I4.0 para os postos de trabalho.

1.3 Justificativa

Nos últimos anos a Engenharia Industrial 4.0 tornou-se um dos principais focos nas empresas multinacionais na busca por uma maior competitividade e otimização dos processos. A empresa objeto de estudo possui uma estratégia e visão clara quanto ao conceito de Industry 4.0. Através de projetos pilotos e inovadores focados nos principais problemas que impactam em sua competitividade, a companhia busca a médio e longo prazo construir o conceito da célula de trabalho conectada.

Após análise do estado atual, percebeu-se que o processo de liberação e encerramento é a principal atividade numa célula de usinagem. Com uma frequência mínima diária registra-se de forma manual as medições das peças e avalia-se a qualidade de um lote em produção conforme especificações de desenho, além da anotação da quantidade, data, número de tipo, e informações básicas relevantes ao processo.

Considerando esta situação, constatou-se diversos potenciais de melhoria. Calculou-se um desperdício em tempo do operador para registro e avaliação das medições, percebeu-se que este processo feito de forma manual não é confiável visto sua importância na qualidade do produto e a rastreabilidade é comprometida, principalmente a longo prazo devido à grande quantidade de registros e armazenamentos

físicos. Além disso, ao visualizar este processo de forma online, constatou-se um grande potencial de correlação com as demais iniciativas 4.0 da empresa visto que diversas informações são comuns a outras atividades, como por exemplo, instruções de trabalho do posto que definem características a serem liberadas, cartões Kanban com RFID que informam o número de tipo a iniciar a produção, performance da máquina que compartilha a informação da quantidade de peças produzidas e gestão de competências da fábrica a qual capacita o operador a realizar a determinada operação.

Visto todos esses potenciais, apresentou-se a ideia de trabalho para a gestão da empresa, que em comum acordo, definiu a iniciativa como uma parte importante na estratégia de conectividade da empresa, além de ser o primeiro projeto com a visão de interligar o posto de trabalho com as outras ferramentas 4.0 de forma a moldar a gestão de célula conectada.

1.4 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo elaborar o conceito e desenvolver um software para liberação e encerramento online de um processo produtivo. O mesmo deverá abranger todos os requisitos da norma de qualidade vigente para indústrias automotivas IATF 16949. Além disso, o projeto deverá garantir a possibilidade de conexão com demais iniciativas 4.0 da empresa.

Em relação aos ganhos quantitativos, após a aprovação do piloto e através da implementação do software em todos os postos da empresa que já possuem computadores disponíveis (52 postos), estima-se uma redução média de 2 minutos por liberação e encerramento no posto de trabalho o que geraria uma ratio no total 15 horas/diárias de trabalho. Com a eliminação dos registros físicos espera-se uma economia anual de R\$ 20.000,00 reais em impressão e encadernação. E com a melhoria nos ajustes dos processos após implementação do software estima-se uma ratio de R\$150.000,00 anual em custos com refugo.

Os objetivos considerando ganhos qualitativos são consultas rápidas aos dados históricos garantindo a rastreabilidade do processo e rápida reação em casos de desvios ou reclamações de qualidade, e consequentemente, minimização dos custos gerados por estes problemas. Melhoria da qualidade do processo de liberação, que através de auxílio automático do software, assegura um início de produção mais centralizado conforme especificações de desenho. Eliminação de trabalhos não produtivos do posto, como consulta a desenhos e instruções de trabalho. Plano de reação online em casos de encerramentos de lotes não conforme assegurando a correta segregação de peças suspeitas. Garantia de que a operação seja conduzida por operadores capacitados através da conexão com a iniciativa de gestão online de colaboradores.

2.1 Descrição do Processo

Caderno de Liberação

Nº de tipo: F00XXXX			Data:		Hora:		Turno:			
Liberado por:			EDV:		Rastreabilidade: (RUE ou Encerrado.0)					
Encerrado por:			EDV:							
<input type="checkbox"/> Trechos de tipo / Grupo de produto / Lote			<input type="checkbox"/> Liberação física		<input type="checkbox"/> Montagem Pira/EIH		<input type="checkbox"/> Máquina parada			
<input type="checkbox"/> Cálculo de máquina baseada taxa de encerramento			<input type="checkbox"/> Outro motivo (especificar):		<input type="checkbox"/> Lote Relebalha					
							Exame Aprovado (X)			
Características examinadas			Especificação (Referência)		Resultados				Sim	Não
					1ª Peça - Placa 0	2ª Peça - Placa 1	3ª Peça - Placa 2	4ª Peça - Placa 3		
10	Distância entre as faces B e E	XX,XX ± 0,05	Liberação							
			Encerramento							
103	Diâmetro do prisma plug	ØX,XX ± 0,04	Liberação							
			Encerramento							
123	Diâmetro do furo da válvula	OK/NOK	Liberação							
			Encerramento							
128	Distância assento da válvula à face B	XX,XX +0,02-0,06	Liberação							
			Encerramento							
	Medição correta do calibrador do assento da válvula	Valor do PRT ± 0,02 (xxxxxxxx)	Liberação							
			Encerramento							
134	Diâmetro do furo SMA	OK/NOK	Liberação							
			Encerramento							
141	Diâmetro do furo da umbrells	ØXX,XX ± 0,05	Liberação							
			Encerramento							
151	Rosca Max	OK/NOK	Liberação							
			Encerramento							
163	Profundidade da umbrells	XX,XXX ± 0,05	Liberação							
			Encerramento							
Diário de bordo										Se necessário, anotar as ocorrências, quando a utilização da metodologia de análise de problemas.
Os exames definidos no plano de controle e nas instruções de trabalho, foram realizados durante o turno de trabalho e considerados aprovados?										19
1º turno		2º turno		3º turno		Quantidade		1º turno:		2º turno:

Figura 1 – Caderno de Liberação – Estado Atual

Uma célula de trabalho de usinagem é em média composta por 3 máquinas e uma bancada de medição, as quais são operadas por uma pessoa (Conforme esquema mostrado na Figura 2). Cada máquina possui o seu próprio caderno que deve ser preenchido obrigatoriamente no mínimo uma vez por dia, além de em casos de troca de número de tipo, longas paradas de máquina por manutenção, troca de ferramental, etc. Este processo consiste primeiramente em inserir dados básicos como data, hora, número de tipo da peça a iniciar a produção e nome do operador. Em seguida, é feito o ajuste da máquina e com as primeiras peças produzidas, realiza-se as medições de forma a conferir se as mesmas atendem as tolerâncias de desenho das características solicitadas no caderno. Caso as peças estejam conforme especificados, registra-se os valores e a máquina é liberada para produção. Caso contrário um novo ajuste é realizado e repete-se o processo de conferência. Este processo dura aproximadamente 5 minutos por caderno/máquina.

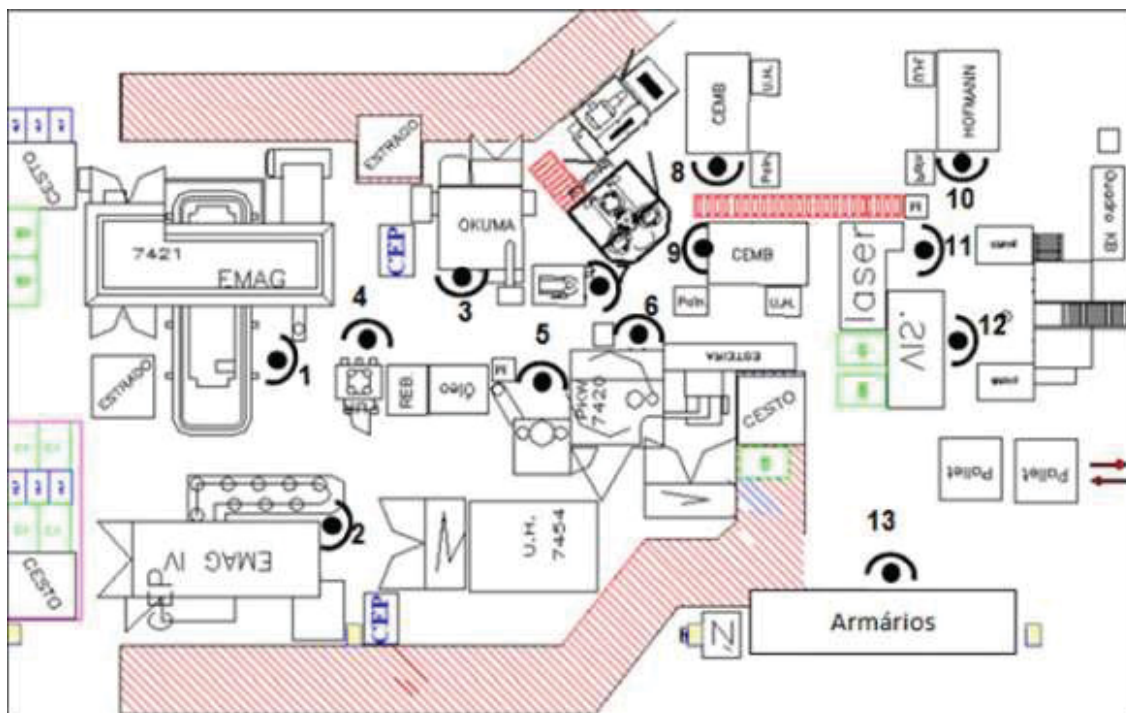


Figura 2 – Célula de trabalho

Ao término do dia de trabalho ou antes de uma nova liberação é necessário conforme norma realizar o encerramento do lote em produção. Esta atividade consiste em medir as mesmas características da liberação nas últimas peças produzidas pela máquina de forma a garantir que todo o lote esteja conforme especificado. Registra-se os valores no caderno e caso as peças estejam fora do especificado, o operador deve realizar o plano de reação geral definido pela empresa segregando as peças suspeitas conforme frequência de medição. No entanto, esta reação não é necessariamente registrada. Caso as peças estejam aprovadas, conclui-se o caderno sem outras ações adicionais. Anota-se ainda data e hora do encerramento e é possível também colocar a quantidade de peças produzidas desde do momento da liberação.

O caderno de liberação ainda possui alguns campos adicionais como rastreabilidade, no qual é utilizado para registrar número de carga (tratamento térmico ou matéria-prima) ou encomenda de experiência, um diário de bordo para anotação de observações, ocorrências ou desvios durante a produção e um registro obrigatório de qualidade no qual o operador assinala que todo o lote foi produzido conforme especificado.

A confecção dos cadernos é realizada por operadores acíclicos ou auxiliares administrativos. É necessário a impressão em média de 100 folhas mais encadernação por máquina numa frequência de 2 a 3 meses. Os arquivos destes cadernos são salvos em pastas não padronizadas o que gera o risco de impressões com dados desatualizados.

O conteúdo e as características a serem controladas são definidas pelo planejador técnico de produção as quais em casos de alterações, geram trabalhos adicionais de nova impressão e substituição

física de todos os cadernos da operação afetada. Em paralelo necessita-se a atualização da instrução de trabalho do posto, pois a mesma define quais características devem ser registradas. Há ainda as atualizações definidas pelo setor de qualidade da empresa, a qual determina o padrão de informações mínimas presentes no processo de liberação e encerramento, o que ocasiona novas demandas de impressões.

Atualmente na empresa existem aproximadamente 1700 máquinas que formam em torno de 500 postos de trabalho. Isso implica em um volume anual de cadernos de 6800 unidades.

2.2 Projetos em andamento

Foi verificado que existem muitas iniciativas de conectividade ou digitalização para o posto de trabalho em andamento na indústria em questão.

2.2.1 Resultado de medições online

O primeiro ponto observado foi o projeto de digitalização dos resultados oriundos das salas de medições, o que resultou na substituição de valores em papéis por dados online no posto de trabalho. No entanto, estes valores são enviados por um software independente o que torna ainda necessário o registro manual no caderno de liberação quando solicitado.

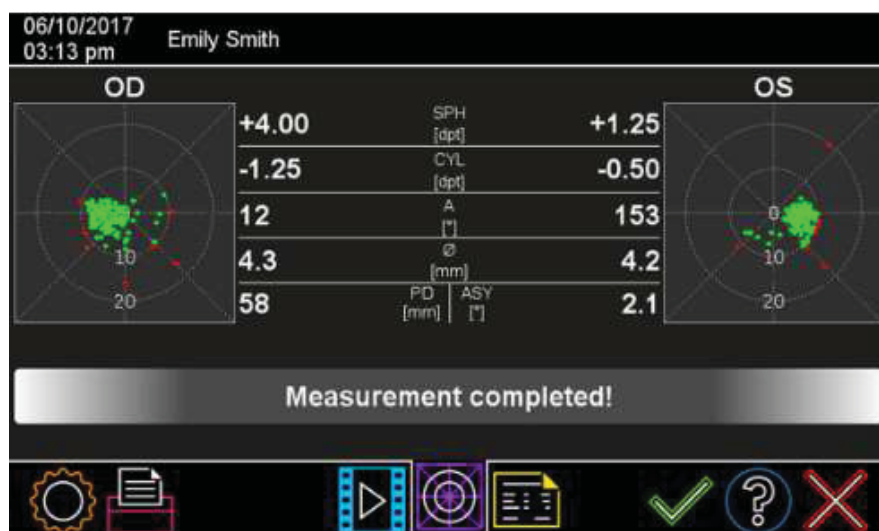


Figura 3 – Exemplo de resultado de medição online

2.2.2 RFID

Checou-se que a empresa já utiliza a tecnologia do RFID para controle de giro e apontamento de peças entre processos. Porém esta rastreabilidade não é aplicada no posto de trabalho individual, o que torna necessário registros manuais dos números de tipos e quantidades produzidos.

2.2.3 Gestão de competências online

A empresa disponibiliza para a gerência da fábrica um sistema online para administração das competências dos operadores. Com esta iniciativa os gestores têm acesso a um cadastro rápido de todas as operações e máquinas da sua linha de produção e os respectivos colaboradores treinados e liberados para trabalhar nestes postos. Atualmente esta ferramenta é de uso exclusivo da liderança e não está conectada com o posto de trabalho.

Aplicador: Manutenção em geral		Data: 01/01/2010	
Atividade: Técnico - Mecânico / 200		Atividade pto. 2000: 01/01/2010	
Legenda		EQUIPE DE MÁQUINAS	
verde - 100% de Equipos / 100% de Equipos / 100% de Equipos		verde - 100% de Equipos / 100% de Equipos / 100% de Equipos	
amarelo - 50% de Equipos / 50% de Equipos / 50% de Equipos		amarelo - 50% de Equipos / 50% de Equipos / 50% de Equipos	
vermelho - 0% de Equipos / 0% de Equipos / 0% de Equipos		vermelho - 0% de Equipos / 0% de Equipos / 0% de Equipos	
COMPETÊNCIAS TÉCNICAS / OPERACIONAIS		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	
		EQUIPE DE MÁQUINAS	

Figura 4 – Exemplo de monitoramento de performance online

2.2.4 Instruções de trabalho digitais

Em relação a documentação no posto de trabalho, as principais iniciativas são basicamente a simples digitalização e disponibilização para o operador de forma online. São nestes documentos onde define-se as características a serem controladas no caderno de liberação e não há até o momento qualquer plano de conexão com outros projetos.

2.2.5 Caixa de refugio automática

No momento a empresa está desenvolvendo também um piloto para refugio automático de peças fora do especificado. O principal ganho até o momento é em redução de apontamento manuais no sistema com consequente ganho de produtividade. No entanto, trata-se um outro sistema isolado e sem previsão de utilização dos seus dados.

2.2.6 Performance online de máquinas

Outro foco desta indústria é avaliação online da performance das máquinas. Este processo inclui investimento e ações para coleta automática de dados da produção dos equipamentos. Porém o objetivo principal é melhorar a disponibilidade da máquina e não se observou intenções de conectar este projeto com outras iniciativas.

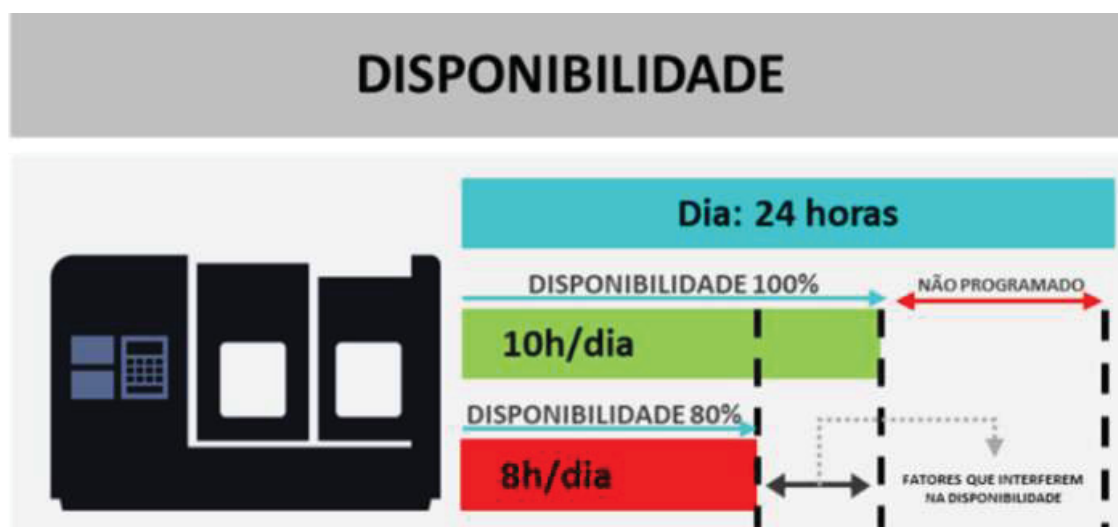


Figura 5 – Exemplo de monitoramento de performance online

2.2.7 Gestão de indicadores online

Este projeto atualmente é referência para gestão online da produção nas linhas de montagem da empresa, as quais possuem total conectividade. No entanto, há ainda o desafio de estender esta iniciativa para os processos de usinagem, os quais representam aproximadamente 90% dos processos produtivos da empresa.

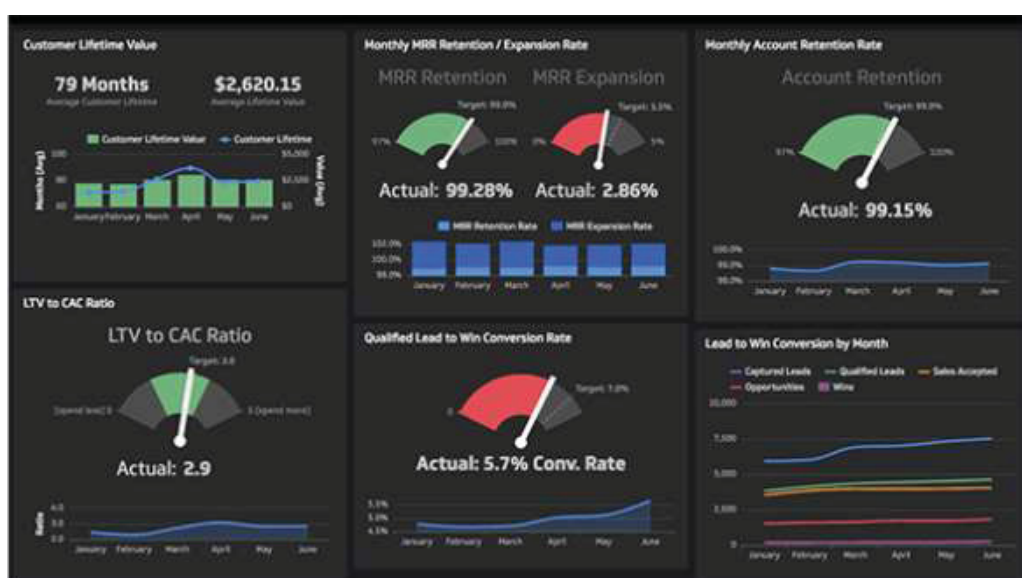


Figura 6 – Exemplo de acompanhamento de indicadores online

Após análise de todas as iniciativas de conectividade, percebe-se que a indústria objeto de estudo adota uma estratégia de implementar projetos pilotos para o atendimento de demandas isoladas de diversas áreas da produção. E desta forma observa-se a ausência de projetos que tenham por objetivo interligar as iniciativas mencionadas anteriormente de maneira a criar um ecossistema conectado nos postos de trabalho.

Além disso constatou-se que a fábrica disponibiliza de 52 células de trabalho preparadas com a infraestrutura necessária para utilização imediata do sistema a ser desenvolvido neste trabalho.

3. Estado Futuro

3.1 Hipótese da Solução

A solução proposta para o problema em questão é elaborar o conceito e desenvolver um software para liberação e encerramento online de um processo produtivo abrangendo todos os requisitos da norma de qualidade vigente para indústrias automotivas, além das normas de segurança da informação digital. Além disso, o projeto proposto vislumbra a possibilidade de conexão com as demais iniciativas 4.0 da empresa.

A primeira interação com o software é feita com o planejador técnico do processo produtivo para a realização dos cadastros dos números de tipos existentes, o número da operação conforme o plano de fabricação, quais as especificações de medidas, tolerâncias do processo e limites reduzidos para ajuste centralizado. Esta é a base necessária para dar suporte ao operador no dia a dia do trabalho. Com estes dados parametrizados, o software estará pronto para utilização pelo chão de fábrica.

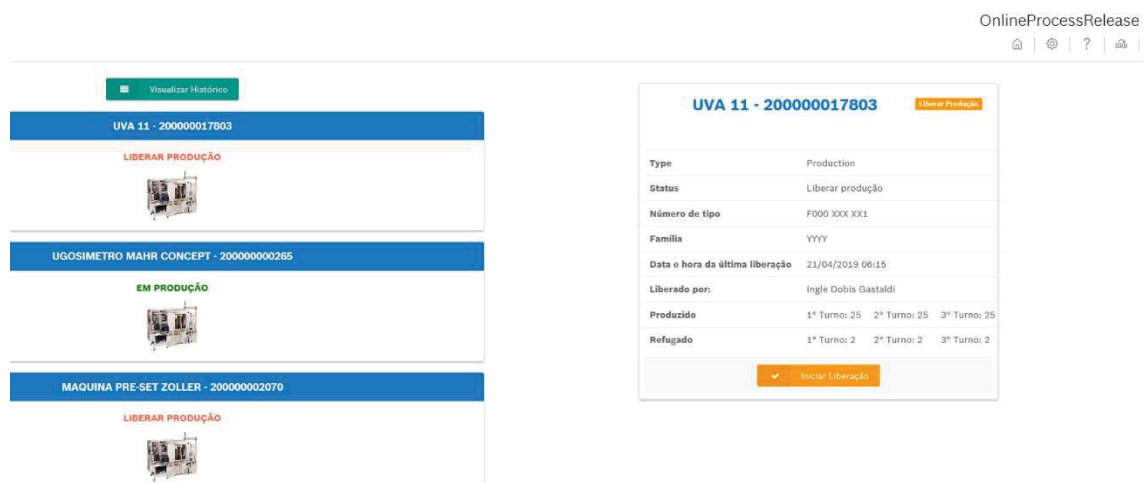


Figura 7 – Tela inicial do software proposto (Protótipo)

Ao iniciar o turno de trabalho, o operador irá acessar o software de liberação e na sua página inicial (Figura 7) visualizará todas as máquinas da sua célula produtiva e seus respectivos status, “Liberar produção” ou “Em produção”. Em seguida, selecionará a máquina a qual deseja realizar a liberação de processo, irá clicar em “Iniciar Liberação” e o software solicitará seu login via leitor de crachá (Figura 8). O sistema fará uma consulta ao software já existente de Gestão de Pessoas, mais especificamente na área de matrizes de treinamento, para verificar se o operador em questão está apto a trabalhar na operação ou

não. Caso não esteja treinado, o sistema não irá autorizar o acesso, caso esteja apto, o software inicia o processo de liberação.

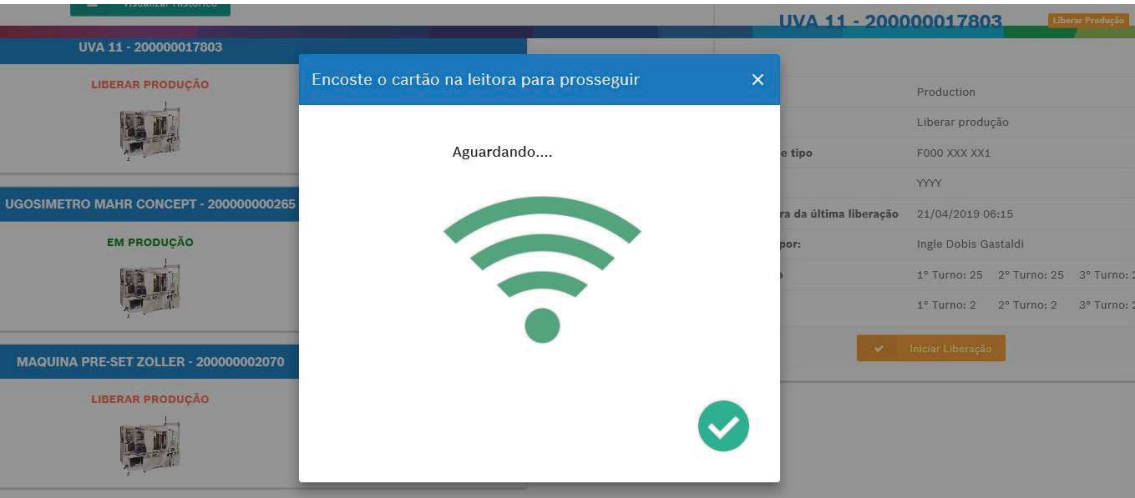


Figura 8 – Login via leitor de crachá para início da liberação (Protótipo)

O próximo passo será a seleção do número da operação em questão e após isso, deverá ser escolhido o número de tipo do produto a ser liberado, através de inserção manual ou via cartão RFID/QR code. Em seguida, o programa solicitará o motivo da liberação através de opções pré-determinadas, como por exemplo, “Liberação diária”, “Manutenção”, “Troca de número de tipo”, entre outros motivos.

Após as seleções iniciais, o software abrirá a página com a quantidade de amostras e as características a serem verificadas. Nesta tela será possível observar também as tolerâncias de cada especificação. Neste momento o operador realiza o ajuste inicial da máquina e coleta a quantidade de peças necessárias para medição. Após as medições seus registros serão inseridos no programa das seguintes formas: Através da digitação manual via computador da célula de trabalho quando o meio de medição não for conectado, ou com a inserção automática de dados através de equipamentos de medições conectados na produção ou em salas de medidas localizadas na fábrica. A Figura 9 mostra a tela em questão.

Operação

Número de tipo

Rastreabilidade

Motivo

Liberação

Liberação - Máquina UVA 11 - 200000017803

Número de tipo selecionado: FFF 0000 256

Tempo de liberação: 00:25

ESPECIFICAÇÃO	REGISTRO 1	REGISTRO 2	REGISTRO 3	REGISTRO 4	REGISTRO 5
CONICIDADE DO DIÂMETRO	1.23628	5.50009	2	10.58964	25.55687
ALTURA DO ASSENTO	2.68956	2.68956			
EXAME VISUAL	OK				

ESPECIFICAÇÃO	REGISTRO 1	REGISTRO 2	REGISTRO 3	REGISTRO 4	REGISTRO 5
CONICIDADE DO DIÂMETRO	1.23628	5.50009	2	10.58964	25.55687
ALTURA DO ASSENTO	2.68956	2.68956			
EXAME VISUAL	OK				

	LIMITE INFERIOR DE ESPECIFICAÇÃO	LIMITE SUPERIOR DE ESPECIFICAÇÃO
CONICIDADE DO DIÂMETRO	6.900	7.900
ALTURA DO ASSENTO	25.849	25.865

LEGENDA

Vermelho: Valor fora dos limites de especificação

Amarelo: Valor próximo aos limites de especificação

Figura 9 – Tela de solicitação e inserção de medições conforme número de tipo e operação (Protótipo)

Com os dados registrados, o software proporcionará inteligência ao processo através da análise da conformidade das medições perante as especificações do produto. Caso os resultados estejam fora do especificado, o campo do valor se tornará vermelho indicando ao operador a necessidade de um novo ajuste na máquina ou um possível erro de digitação em caso de inserção manual. Haverá ainda a opção de alertas adicionais em amarelos e com limites de controle de forma a sugerir ao operador uma liberação mais centralizada possível. Toda esta lógica também pode ser observada na Figura 9. Desta forma, após o ajuste da máquina e a aceitação dos valores registrados pelo software é concluída a liberação do processo.

Devido a requisitos de qualidade já mencionados neste trabalho, é necessário que se faça o encerramento do processo. Todo final de dia de trabalho, antes da troca do número de tipo ou de alguma intervenção significativa na máquina, é necessário aferir as últimas peças do lote para garantir a qualidade total do mesmo. Para iniciar o encerramento do lote, o operador deve clicar na máquina em questão e na opção “Encerrar” (Figura 10) e o software irá solicitar as medições das mesmas características e quantidade de peças do momento da liberação.

The image shows a software interface for machine management. On the left, there is a list of machines with their IDs and status. The first machine is 'UVA 11 - 200000017803' with status 'LIBERAR PRODUÇÃO'. The second machine is 'UGOSIMETRO MAHR CONCEPT - 200000000265' with status 'EM PRODUÇÃO'. The third machine is 'MAQUINA PRE-SET ZOLLER - 200000002070' with status 'LIBERAR PRODUÇÃO'. On the right, there is a detailed form for the 'UGOSIMETRO MAHR CONCEPT - 200000000265' machine, which is currently in 'Em produção' status. The form includes fields for Type, Status, Número de tipo, Família, Data e hora da última liberação, and Liberado por. It also has a table for production counts by shift (1st, 2nd, 3rd Turno) for 'Produzido' and 'Refugado'. There are two questions about whether exams defined in the work instructions were performed during the shift and considered approved, with 'Sim' and 'Não' radio button options. At the bottom, there are four buttons: 'Encerrar' (green), 'Registrar Produção' (blue), 'Refugo' (red), and 'Diário de bordo' (green).

UGOSIMETRO MAHR CONCEPT - 200000000265	
Type	Production
Status	Em produção
Número de tipo	F000 ZZZ YVZ
Família	256386
Data e hora da última liberação	26/03/2019 10:15
Liberado por:	Luís Cesar Teodoro
Produzido	1º Turno: 150 2º Turno: 150 3º Turno: 150
Refugado	1º Turno: 0 2º Turno: 0 3º Turno: 0
1º Turno - Os exames definidos nas instruções de trabalho foram realizados durante o turno de trabalho e considerados aprovados?	
<input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não	
2º Turno - Os exames definidos nas instruções de trabalho foram realizados durante o turno de trabalho e considerados aprovados?	
<input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não	
<input type="button" value="Encerrar"/> <input type="button" value="Registrar Produção"/> <input type="button" value="Refugo"/> <input type="button" value="Diário de bordo"/>	

Figura 10 – Tela inicial para máquina com status “Em produção” (Protótipo)

Caso as peças estejam conforme especificado, o sistema autoriza o encerramento do processo. Entretanto, caso as peças estejam fora de desenho, o software iniciará o plano de reação, pois, neste caso trata-se um desvio no processo e é necessário que se faça uma contenção para mitigar o risco de envio de uma peça defeituosa para a próxima operação ou cliente. Será solicitado ao operador para segregar todas as peças produzidas desde a última medição da característica não conforme. Em seguida é necessário que se siga os seguintes passos: Seleção da causa do desvio, definição da ação para correção do processo, e após exame das peças suspeitas, preenchimento da quantidade total avaliada e total de peças reprovadas (Ver Figura 11). O sistema pede também para informar o líder de time do processo e o mesmo é automaticamente notificado via e-mail sobre o desvio.

O protótipo apresenta duas telas principais, cada uma com uma barra de progresso no topo contendo cinco etapas: Encerramento, Líderes, Plano de reação, Resultado seleção e Resumo. A primeira tela, intitulada "Plano de reação - Máquina UVA 11 - 200000017803", contém campos para "Número de tipo selecionado FFF 0000 256" e "Tempo de encerramento: 00:20". Abaixo, há uma seção "Plano de reação" com o texto "Ação imediata: Segregar peças produzidas / liberadas desde o último exame aprovado". Seguem campos para "Característico", "Causa" e "Ação", com um botão "ADICIONAR" ao lado do campo "Ação". Uma barra de busca com os campos "Excluir", "Característico", "Causa" e "Ação" está localizada abaixo. A segunda tela, intitulada "Resultado seleção - Máquina UVA 11 - 200000017803", também possui os mesmos campos de cabeçalho. Ela contém campos para "Total peças avaliadas *" e "Peças fora do especificado *", com um botão de confirmação (checkmark) à direita.

Figura 11 – Telas para registro do plano de reação após desvios no Encerramento do Processo (Protótipo)

Em casos em que a quantidade de peças a serem examinadas é muito elevada, não é possível a seleção de todo o lote segregado de forma imediata. Assim o sistema permitirá o adiamento desta atividade, criará uma pendência para o líder e emitirá semanalmente uma notificação via e-mail solicitando o resultado da seleção em aberto ou uma justificativa através de anexo de algum documento de liberação emitido pelo planejamento técnico do processo.

O software disponibiliza também o campo “Histórico”, com o qual será possível localizar rapidamente dados de liberações passadas. Através da seleção de filtros de data, número de tipo e máquina, obtêm-se uma lista em forma de relatório com as liberações desejadas (Figura 12). Pode-se ainda entrar individualmente em cada um dos registros para verificar todos os resultados dos processos de ajuste e encerramento.

History

Lista

Máquina - Família - Número de tipo - Data liberação - Data encerramento

IMPRIMIR LIMPAR PESQUISAR

Type Machine	Máquina	Family	TypeNumber	Pattern	ReleaseDate	BatchClosureDate	Status	Ações
Production	UVA 11 - 2000002388614321	UIN2	F000 XXX XX4		21/04/2018 06:08	21/04/2018 23:50	OK	
Production	UVA 11 - 2000002388614321	UIN2	F000 XXX XX4		21/04/2018 06:08	21/04/2018 23:50	Encerrado com divergência	
MeasuringMeans	UVA 11 - 2000002388614321			432599600	21/04/2018 06:08	Não se aplica	Não se aplica	
MeasuringMeans	UVA 11 - 2000002388614321			25369805	21/04/2018 06:08	Não se aplica	Não se aplica	
Production	UVA 11 - 2000002388614321	UIN2	F000 XXX XX4		21/04/2018 06:08	21/04/2018 23:50	OK	

Figura 12 – Tela para pesquisa de histórico de liberações/encerramentos de processo (Protótipo)

Em paralelo ao desenvolvimento do sistema de Liberação de Processos Online, será criado uma interface para exibição inicial no posto de trabalho, na qual será centralizado todas as aplicações disponíveis para manufatura, incluindo a iniciativa deste trabalho. Neste ambiente será encontrado aplicações já

mencionadas no tópico 2.2, como por exemplo Documentação de posto de trabalho Online, Resultados online da sala de medidas e dados da performance de produção da máquina.

Com o objetivo de conexão futura do software de liberação com as demais tecnologias em desenvolvimento na empresa, este projeto deverá considerar as seguintes funcionalidades adicionais:

- Leitura de cartão RFID ou QR code para identificação do número de tipo a ser liberado e contabilização da quantidade produzida até o encerramento de forma automática;
- Recebimento automático de resultados de meio de medições conectados durante o processo de liberação;
- Contabilização online de peças refugadas através de conexão com a caixa de refugo automática;
- Acesso interativo a Instrução de trabalho online durante o processo de liberação.

3.2 Ganhos

Os ganhos previstos com este projeto se dividem em diversas áreas e indicadores da empresa objeto de estudo. A seguir descreve-se as principais contribuições para a estratégia desta indústria.

3.2.1 Qualidade

Através da definição de limites reduzidos por parte do planejamento técnico, garante-se uma liberação de processo com valores de desenhos mais centralizados. O software irá de forma inteligente alertar o operador caso o ajuste da máquina produza peças próximo aos limites inferiores ou superiores de especificação. Desta forma o processo torna-se mais robusto, pois, com o ajuste mais centralizado, minimiza-se a ocorrência de peças fora do especificado após liberação da máquina para produção. Como consequência, obtém-se ainda uma redução de custo com peças refugadas. Após implementação nos 52 postos iniciais da empresa, estima-se uma redução de R\$150.000,00 em custos com refugo.

Com o encerramento de processo inteligente, o sistema solicita um plano de reação em caso de peças fora do especificado ao fim da produção do lote, assegurando que o operador siga o procedimento de qualidade no qual deve segregar e selecionar todas as peças suspeitas. Além disso o líder do processo é automaticamente informado via e-mail para garantir que o mesmo possa dar o suporte necessário em situações de desvio. Assim minimiza-se o risco de envio de peças não-conformes para a próxima operação e evita-se o chegada de produtos defeituosos para o cliente.

3.2.2 Gestão de Competências

O escopo deste projeto inclui a conexão com o sistema online de gestão de competências já existente na empresa. Após o login do operador através de leitor de crachá, o software fará uma consulta aos registros de treinamento de forma a verificar se a pessoa está apta a trabalhar no processo a ser liberado.

Com isso, a gestão de fábrica ganha uma ferramenta eficiente para assegurar a correta alocação dos operadores nos diversos postos de trabalho conforme suas respectivas competências.

Garante-se também de forma online o atendimento a normas de qualidade que exigem uma evidência de que o operador esteja devidamente treinado no posto de trabalho em questão. Além disso minimiza-se problemas legais, nos quais a empresa sofre processos trabalhistas devido a acusações de que o operador foi forçado a trabalhar em um posto de trabalho não condizente com seu cargo.

3.2.3 Rastreabilidade

Devido a necessidade de cada vez mais os clientes exigirem um controle e rastreabilidade de todo processo envolvido no produto entregue, este projeto irá através de um banco de dados robusto, facilitar a consulta ao histórico de produção. No sistema atual, quando existe a necessidade de resgatar um dado de liberação que ocorreu por exemplo um ano atrás, existe uma grande dificuldade em localizar esta informação, pois, é necessário saber o período de utilização do caderno, quando foi enviado para o arquivo morto, qual o protocolo de envio e outros dados. Com a liberação online, estas informações são acessadas rapidamente através do campo histórico, com o qual é possível localizar dados de liberação independentemente do período de produção, além de saber qual o produto, qual máquina e a quantidade produzida.

Desta forma, com este fácil acesso, será possível em casos de problemas de qualidade internos em processos produtivos posteriores ou reclamações de clientes, uma rápida e eficiente contenção minimizando ao máximo a extensão do problema detectado e consequentemente os custos adicionais atrelados a estas atividades.

3.2.4 Confiabilidade

No estado atual devido a liberação ser registrada manualmente, depende-se do operador para uma análise de desenhos e especificações do produto para que o processo seja ajustado corretamente. Com isso aumenta-se o risco de equívocos nestas análises e consequentemente a produção de peças fora do especificado. Através do software proposto, após a identificação do número de tipo, as tolerâncias e os limites de controle são definidos automaticamente com base no cadastro realizado pelo planejamento técnico. Desta forma aumenta-se a confiabilidade do processo e minimiza-se defeitos por causas organizacionais.

Em paralelo elimina-se os trabalhos não-produtivos decorrentes de consultas a desenhos e instruções, e prioriza-se o tempo do operador para o ajuste da máquina da melhor forma possível.

3.2.5 Custos

Neste cenário, o projeto proporciona redução de custos diretos através da eliminação de impressões e encadernações e também, dos custos de armazenamento dos registros em arquivo morto realizado por empresa terceirizada. Em um primeiro ano estima-se redução de R\$20.000,00.

Observa-se ainda ganhos em produtividade, visto que são necessárias pessoas dedicadas para realização destas atividades. No estado futuro, esta mão de obra pode ser realocada para outras funções com maior agregação de valor para a empresa.

3.2.6 Ecossistema 4.0

Através da conectividade deste sistema com as demais iniciativas da empresa, espera-se com este projeto estabelecer a célula de trabalho I4.0. Vislumbra-se uma ligação desde da gestão de competências dos colaboradores, meios-de-medição conectados, sistemas automáticos de refugo, tecnologias de rastreabilidade até a performance online de máquina produtivas.

Este projeto contribui ainda com a cultura I4.0 desta indústria, já que a partir da implementação, os operadores de fábrica irão interagir e serem auxiliados constantemente por sistema digitais.

Com isso pretende-se o apoio total da alta gestão desta indústria a esta iniciativa visto as contribuições para o atendimento da visão estratégica de conectividade.

4. Resultados

4.1 Validação

Inicialmente construiu-se um Mock-up em Power point simulando as funcionalidades propostas para o sistema de gestão do processo. O mesmo foi apresentado em uma reunião para pessoas multifuncionais da empresa, as quais incluíam as áreas de TI, produção, planejamento técnico e qualidade. Com esta reunião colheu-se dados e sugestões para o aprimoramento da ideia proposta, além de certificar-se que todas as variáveis de processo estivessem contempladas no escopo do trabalho.

Em seguida, com base nos dados levantados, definiu-se todos os requisitos necessários para o correto funcionamento do software. E, em conjunto, com a área de TI da empresa, elaborou-se o protótipo web da iniciativa.

Em paralelo a construção do protótipo, com a divulgação do projeto para outras áreas, houve o interesse do setor de metrologia e de qualidade do fornecedor para aplicação do mesmo conceito em suas respectivas atividades. Desta forma teve-se a oportunidade de estender o projeto também para áreas de suporte a produção, o que irá contribuir ainda mais com a qualidade de toda a fábrica.

Após a conclusão do protótipo, realizou-se novas validações com times multifuncionais e assim, pode-se levantar de uma maneira mais precisa novos potenciais de melhoria. Além disso obteve-se a confirmação por parte dos times dos ganhos já esperados e também de benefícios adicionais aos previstos no início do projeto.

4.1.1 Validação com Operadores

Na visão da fábrica, o principal benefício é a otimização do ajuste de máquinas. Com o auxílio da inteligência do software elimina-se a necessidade de consultas a desenhos e instruções de trabalho após

cada set-up, possibilitando o operador focar o seu trabalho no controle do processo. O plano de reação de forma online também foi elencado de forma positiva, visto a facilidade que proporciona para o atendimento ao padrão de reação da fábrica conforme normas de qualidade.

4.1.2 Validação com Engenheiros de Processo

Na visão dos engenheiros e planejadores de produção, o sistema deve contribuir diretamente na gestão de qualidade dos seus processos. Para eles, a opção de utilizar limites de controle para centralizar os resultados das liberações, ajuda na melhoria de qualidade e estabilidade das operações de usinagem.

Além disso, o principal feedback em relação ao software é o aumento na confiabilidade, rápida reação a desvios, e oportunidade de melhoria do processo com a utilização dos dados históricos das características do produto.

4.1.3 Validação com os Líderes e Chefes de Produção

Para os líderes e chefes de produção a principal contribuição conforme mostrado no protótipo é a garantia da pessoa certa no local correto, ou seja, que os operadores estejam devidamente alocados nos postos de trabalho conforme suas respectivas competências.

Uma segunda melhoria importante na visão da gestão de fábrica é a economia com trabalhos que não agregam valor e oportunidade de otimização do tempo de trabalho dos seus subordinados.

O principal feedback é a potencial redução com custos de refugo, visto que o auxílio inteligente do software, evita falhas durante os ajustes e minimiza-se peças defeituosas após a liberação do processo.

4.1.4 Validação com a Gestão Estratégica I4.0

Por fim, apresentou-se o protótipo com as devidas melhorias obtidas com o apoio dos times multifuncionais para a gestão responsável pelo projetos de conectividade da empresa.

O feedback foi muito positivo, visto que, em comparação com os demais projetos em andamento/concluídos, trata-se do protótipo 4.0 melhor estruturado até o momento na empresa. O principal ponto positivo foi a priorização da fase de validações com o restante da fábrica de forma a expandir e assegurar máxima aplicação para toda a empresa, com isso minimizando possíveis retrabalhos durante a fase de desenvolvimento.

Além disso, a gestão reiterou a importância deste projeto para a estratégia de formação da célula de trabalho I4.0, visto as amplas oportunidades de conexão com as demais iniciativas em andamento.

4.2 Resultado Final

Com a apresentação do protótipo e fechamento de todas as validações, pode-se considerar que a etapa de POC (*Proof of Concept*) foi finalizada com sucesso, visto a confirmação de todos os ganhos

planejados e a aceitação final da alta gestão da empresa para posterior investimento no desenvolvimento do software final.

4.3 Próximos Passos

Visto a aprovação do investimento para este projeto, planeja-se as seguintes entregas como próximos passos deste projeto:

- Desenvolvimento do software;
- Estabilização em célula de usinagem piloto;
- Rollout para o restante da fábrica;
- Integração com meios de medição conectados;
- Demais integrações 4.0 na célula de trabalho.

5. Conclusão

Durante a realização deste trabalho teve-se a oportunidade da imersão na estratégia de uma indústria de grande porte. Através de reuniões com a gestão responsável pelos projetos de conectividade, foi possível visualizar toda a linha de projetos em andamento nesta empresa. Além disso teve-se abertura de levantar todo o estado atual das linhas de produção e suas correlações com as iniciativas I4.0. Com base no cenário levantado, somado ao conhecimento adquirido no curso de especialização em Engenharia Industrial 4.0, identificou-se a oportunidade de melhoria do processo apresentada neste trabalho.

Pode-se concluir que os resultados obtidos ao longo deste trabalho foram satisfatórios, visto as diversas validações realizadas com times multifuncionais, desde o momento de identificação do potencial de melhoria até a apresentação final do MVP (*Minimum Viable Product*). Desta forma pode-se alcançar ao final da construção do protótipo um conceito de sistema aplicável a todas as áreas da indústria em questão.

Os principais ganhos com este projeto foram a possibilidade de integração com as iniciativas já existentes na empresa, a potencial economia com custos de refugo, a contribuição para estratégia paperless da fábrica e o suporte ao dia a dia do operador com a eliminação dos trabalhos não produtivos. Estes ganhos foram confirmados através de consultas com os usuários diretos e indiretos do sistema proposto, e os mesmos foram apresentados para a gestão, a qual aprovou e autorizou o desenvolvimento do software.

Por fim, pode-se afirmar que os objetivos do projeto foram alcançados, visto a contribuição do trabalho proposto para a estratégia de conectividade da empresa que almeja criar células de trabalho conectadas, de tal forma a construir um ecossistema I4.0. Com isso espera-se um aumento da competitividade do negócio através da redução de custos e melhoria de qualidade nos processos produtivos. Além disso, esse trabalho irá contribuir diretamente com a criação da cultura I4.0 nas pessoas em todos níveis da empresa, visto o envolvimento com ferramentas digitais para gestão da qualidade dos processos. Assim atinge-se os objetivos da indústria em preparar seus colaboradores para os inúmeros desafios futuros, os quais exigirão cada vez mais inovação e tecnologia no seu dia a dia.

6. Referências Bibliográficas

Azevedo, M.T., 2017, *Transformação digital na indústria: indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil*. Tese de doutorado, Escola Politécnica, São Paulo.

Coelho, P.M.N., 2016, *Rumo à indústria 4.0*.

Pereira, A. e Simonetto, E.O., 2018, *INDÚSTRIA 4.0: CONCEITOS E PERSPECTIVAS PARA O BRASIL*.

7. Sugestões para Próximos Trabalhos

- Software para instrução de trabalho inteligente conectado ao software de liberação de processos;
- Aplicação RFID ou QR-code no posto de trabalho por operação
- Conexão caixa de refugo automática com o software de liberação online
- Conexão de meios de medição com o software de liberação online.